

## تأثير التلدين بليزر CO<sub>2</sub> على الخواص التركيبية والبصرية لأغشية اوكسيد الخارصين الرقيقة المحضرة بطريقة Sol - Gel

عواطف صابر جاسم<sup>1</sup>، خليل ابراهيم محمد<sup>2</sup>، سحر ناجي رشيد<sup>1</sup>

<sup>1</sup>قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة تكريت، تكريت، العراق

<sup>2</sup>قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة كركوك، كركوك، العراق

### الملخص

إن المعالجة الحرارية بالليزر هي واحدة من التطبيقات الصناعية المهمة له والتي تجري دراستها في الوقت الحاضر كبديل عن التلدين الحراري التقليدي . في هذا البحث تم ترسيب اغشية (ZnO) على قواعد زجاجية بتقنية (Sol - Gel / Spin Coating) وتلدينها بطريقتين الاولى باستخدام الفرن الحراري حيث جرى تلدينها بثلاث درجات حرارية (400, 500, 600) °C لمدة ساعة، والطريقة الثانية بليزر (CO<sub>2</sub>) المستمر طوله الموجي (10.6 μm) وبطاقة (10 W) وبثلاث ازمدة (10, 15, 20) min، وتم دراسة الخواص التركيبية والبصرية للأغشية الملدنة بالطريقتين لمعرفة مدى تأثير التلدين بالليزر عليها، وبينت نتائج فحوصات (XRD) بأن هذه الاغشية ذات تركيب متعدد التبلور من النوع السداسي المترص وأن زيادة درجة حرارة التلدين بالفرن وكذلك زيادة مدة التلدين بالليزر تؤدي الى زيادة معدلات الحجم الحبيبية لهذه الاغشية، وأظهرت نتائج فحوصات (AFM) لطبوغرافية سطوح الاغشية أنها ذات انتظامية بلورية وتجانس سطحي جيدين خصوصاً للأغشية الملدنة بالليزر، كما اظهرت نتائج الفحوصات البصرية لهذه الاغشية أنها ذات نفاذية عالية خصوصاً في منطقتي الطيف المرئية وتحت الحمراء القريبة وتزداد بزيادة درجة حرارة التلدين بالفرن وزيادة مدة التلدين بالليزر، ونقل قيم فجوة الطاقة لهذه الاغشية بزيادة درجة حرارة التلدين أو بزيادة زمن التلدين بالليزر، بالإضافة الى ذلك فقد تضمنت الخواص البصرية المدروسة في هذا البحث كلاً من الامتصاصية والانعكاسية ومعاملات الانكسار والامتصاص والخمود وثابتي العزل الكهربائي الحقيقي والخيالي .

### المقدمة

يتجاوز سمكه بضعة مايكرونات [13]، وفي هذا البحث تم اعتماد ليزر ثنائي اوكسيد الكربون إضافة الى الفرن الحراري لتلدين اغشية (ZnO) الرقيقة المحضرة بطريقة الطلاء الدوراني والتي هي إحدى طرائق تقنية السائل الجيلاتيني أو ما يسمى بالسائل الهلامي (sol - gel) ودراسة خواصها التركيبية والبصرية .

### الجانب العملي

أستخدمت في هذا البحث قواعد زجاجية لترسيب الاغشية عليها، وتم تنظيفها لتكون خالية من الشوائب أو العوالق وذلك بغسل العينات بالماء العادي ثم تنظيفها بحامض النتريك المخفف (HNO<sub>3</sub>) وغسلها بالماء المقطر الفاتر بوضعها على جهاز الخلاط المغناطيسي (magnetic stirrer) ولمدة (10 min) ثم وضعها في الأسيوتون (acetone) وبعد تجفيفها وُضعت في الايثانول (ethanol) لمدة (10 min) وجُففت لتكون جاهزة للترسيب عليها . وقد أستخدمت مادة خلات الزنك المائية عالية النقاوة لتحضير اغشية (ZnO) الرقيقة، حيث تم تحضير المحلول بتركيز (0.2 M) بإذابة (1.7559 g) من خلات الخارصين في (30 ml) من الايثانول (بنقاوة 99.99%)، وتم خلط المحلول باستخدام جهاز الخلاط المغناطيسي لمدة ساعة وبدرجة حرارة (60°C) لإتمام عملية الإذابة وفي هذه الاثناء أُضيف الى هذا الخليط محلول مكون من (0.84 g) من مادة (diethanolamine) مذابة في (10 ml) من الايثانول وتعمل كمادة مثبتة، وتمت الاضافة بالتقطير بالسحاحة وبعد ذلك وضع المحلول الناتج مغطى في قنينة حجمية وتم تركه لمدة (24 hour) للحصول على محلول متجانس، ثم رُسبت اغشية اوكسيد الزنك على القواعد الزجاجية وذلك بوضع

بعد الليزر من أهم اختراعات القرن العشرين ولا يزال مستمراً بالتطور وفي مختلف المجالات والتطبيقات [1]، فمنذ تصنيع أول منظومة ليزر في بداية الستينات ومجالات استخدام الليزر في تزايد بحيث لم يعد هناك مجالاً لم يدخله الليزر [2]، ومن بين تطبيقاته المتنوعة معاملة المواد ليزرياً مثل عملية التلدين بالليزر [3]. تستخدم المعالجة الحرارية الاعتيادية بالفرن للتلدين وإنتاج بلورات نانوية، وتعد تقنية التلدين بالليزر تكنولوجيا واعدة لهذا الغرض، حيث أستخدمت عدة أنواع من الليزرز بأطوال موجية مختلفة ومن بينها ليزر ثنائي اوكسيد الكربون (CO<sub>2</sub> laser) [4] الذي يمتاز باستهلاك مقدار قليل من الطاقة مع نوعية خرج جيدة ومناسبة للتلدين [5]. لقد اصبح التلدين بالليزر من المواضيع التي جذبت اهتمام الباحثين في الوقت الحاضر [6]. إن اوكسيد الخارصين (الزنك) النقي مركب صلب ابيض اللون [7] وهو شبه موصل ثنائي - سداسي (II-VI) [8] ويتميز في كونه مادة رخيصة وسهلة التحضير ووفيرة نسبياً ومستقرة كيميائياً وغير سامة ويمكن تشويبها بالعديد من المواد الاخرى بسهولة [9]، لا يذوب في الماء ولكنه يذوب بسهولة في الحوامض والقواعد [7]، ذو فجوة طاقة مباشرة (3.3 eV) تقريباً [9] ونفاذية بصرية عالية في المنطقة المرئية والقريبة من تحت الحمراء [10]، وهو أحد الاكاسيد الموصلة الشفافة (Transparent Conductive Oxides (TCO)) التي جذبت الاهتمام بسبب خواصها النوعية [7]. وقد ساهمت تقنية الأغشية الرقيقة مساهمة كبيرة في دراسة أشباه الموصلات وأعطت فكرة واضحة عن العديد من خواصها الفيزيائية وكذلك الكيميائية [11,12]، ولدراسة صفات أشباه الموصلات أصبح من الضروري جعلها غشاء رقيق لا

الليزر والعينة مساوية لـ (48.5 cm)، أما قطر حزمة الليزر (spot) الواسلة للعينة فكانت (0.5 cm).

وتم قياس سمك الاغشية بواسطة المجهر (microscope) وباستخدام برنامج (pro axel) حيث تُبنت العينة بطريقة معينة بحيث تكون حافتها تحت المجهر، وباستخدام قوة تكبير عدسة مناسبة يمكن ملاحظة طبقة الغشاء المتكونة على القاعدة الزجاجية على شاشة الكمبيوتر، وباستخدام البرنامج الحاسوبي تم تحديد نقطتين متقابلتين على حافتي الغشاء بواسطة المؤشر وتثبيت القراءة المأخوذة بوحدة البيكسل (pixel) والتي يمثل الفرق بينها سمك الغشاء المطلوب، وبتكرار هذه العملية ثلاث مرات أو أكثر وعلى مسافات مختلفة من حافة الغشاء وأخذ المعدل حصلنا على سمك الغشاء التقريبي بوحدة البيكسل والتي يمكن تحويلها الى وحدة النانومتر باستخدام المعادلة التجريبية الآتية :

$$1 \mu\text{m} = \text{pixel} / 50.205 \dots\dots (1)$$

حيث ان (1  $\mu\text{m} = 1000 \text{ nm}$ ). وبعد اتمام عملية التلدين أُختيرت افضل الاغشية التي تم الحصول عليها لإجراء الفحوصات التركيبية والبصرية عليها لمعرفة تأثير الظروف التي استخدمت في تحضيرها في هذا البحث، وقد أُجريت الفحوصات التركيبية باستخدام تقنيتين :

#### 1- حيود الاشعة السينية (XRD)

أُستخدمت هذه التقنية لدراسة التركيب البلوري للأغشية المدلنة من خلال دراسة نمط حيود الاشعة السينية، وأُستخدم لهذا الغرض جهاز من نوع (XRD-6000).

#### 2- مجهر القوة الذرية (AFM)

أُستخدم مجهر القوة الذرية نوع (AA 3000 SPM) لدراسة طوبوغرافية السطوح للأغشية المدلنة والمحضرة بواقع طبقتي ترسيب . وأُجريت الفحوصات البصرية على الاغشية المدلنة باستخدام المطياف (UV – Visible – NIR spectrophotometer) وتضمنت القياسات البصرية قياس الامتصاصية والنفاذية لمدى الأطوال الموجية (1100 – 190) nm.

#### النتائج والمناقشة

##### 1- نتائج الفحوصات التركيبية

اظهرت نتائج التشخيص بتقنية (XRD) لأغشية (ZnO) المحضرة أنها ذات تركيب متعدد التبلور من النوع السداسي المتراص للأغشية المدلنة بالفرن وكذلك بالليزر، وتتفق هذه النتائج مع المصادر [10,9,8]، وتتطابق الى حد ما عند مقارنتها مع بطاقات المؤسسة الامريكية لفحص المواد رقم البطاقة (ASTM / 36-1451)، حيث نلاحظ في الاشكال (2) ((a,b,c,d,e,f)) ظهور قمم حيود تتناظر المستويات (100) و(002) و(101) و(102) مع وجود ازاحة صغيرة لبعض هذه القمم وقد يعزى ذلك إلى الإجهاد المجهري الميكانيكي الناتج من المصادر المختلفة مثل الشوائب والعيوب والفراغات الكامنة في الغشاء حتى بعد المعالجة الحرارية، إذ أن الإتجاه السائد للغشاء

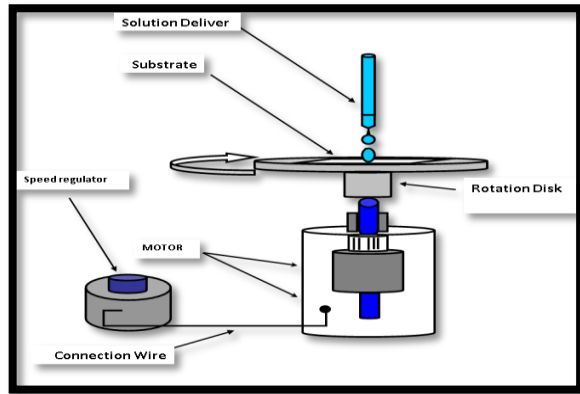
العينات على قاعدة جهاز الطلاء الدوراني باستخدام سرعة دوران (3000 rpm) ولمدة (30 sec)، وتتكون منظومة الطلاء الدوراني الموضحة في الشكل (1) من الاجزاء الآتية:

1- جهاز (vacuum spin coating) والذي يتكون من قاعدة (stage) لوضع المادة الاساس عليها وانبوب لسحب النفايات (chuck) ووحوض (basin) يستعمل كدرع للحماية، ويحتوي هذا الجهاز على مجهر قدرة ذاتي يمكن من خلاله السيطرة على سرعة الدوران عن طريق منظم السرعة، بالإضافة الى مؤقت زمني ذاتي لتحديد زمن الدوران.

2- قطارة السائل البلاستيكية والتي تستخدم لتقطير المحلول فوق العينة والتحكم بكمية المحلول.

3- محرك كهربائي لتخلخل الضغط وسحب العينة (vacuum).

4- مجهر قدرة بفولتية دخول قدرها (220 V) للتحكم بسرعة الدوران عن طريق منظم السرعة.



شكل (1): منظومة (spin coating)

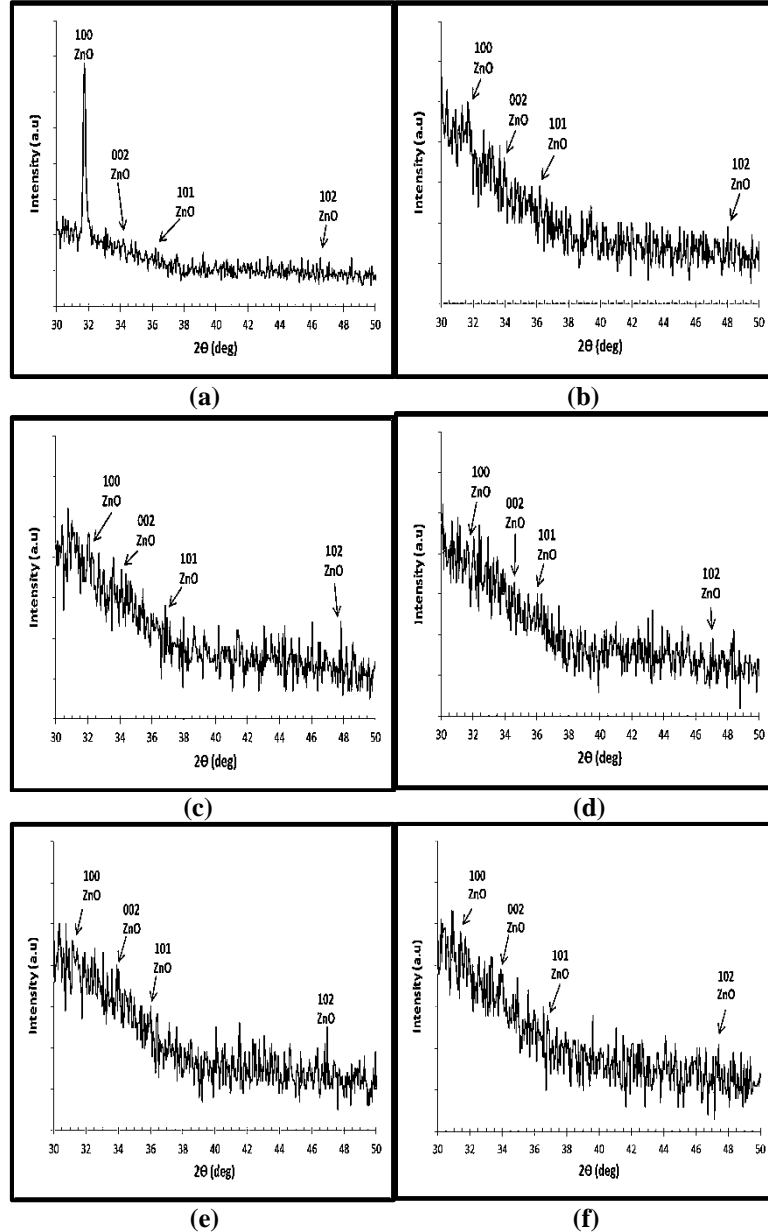
وجرى التجفيف بدرجة حرارة (100°C) لمدة (10 min) ثم رفعها الى (150°C) لمدة (10 min) اخرى، وتم الحصول على عدد من الاغشية الرقيقة المرسية بواقع طبقتين وست طبقات حيث تكرر عملية الترسيب هذه لكل طبقة من طبقات الغشاء، وقد تم تلدين جميع الاغشية التي جرى ترسيبها بطريقتين :

1- التلدين الحراري التقليدي: حيث استخدم الفرن الحراري لتلدين الاغشية الرقيقة وبتلات درجات حرارية (400, 500, 600) °C لمدة ساعة واحدة، حيث تم رفع درجة حرارته الى الدرجة المطلوبة وتثبيت زمن مدة التلدين باستخدام زر المؤقت الموجود في الفرن.

2- التلدين الحراري السريع: لغرض تلدين العينات تلديناً سريعاً أُستخدم جهاز ليزر (CO<sub>2</sub>) المستمر بطول موجي (10.6  $\mu\text{m}$ ) ذو طاقة كلية (50 W) من نوع (engraving machine) والذي يمكن التحكم بمقدار الطاقة الناتجة منه عن طريق تغيير التيار الداخل الى انبوبة الليزر، وتم التلدين بطاقة (10 W) بتلات ازمنة 10, 15, 20min حيث تم تثبيت مؤشر التيار في الجهاز على (5 mA) للوصول الى طاقة (10 W)، وكانت المسافة المقاسة بين مصدر

مراكز تشتت فعالة وقد تعمل على انشاء مستويات قنص عند حدود الحبيبات تعمل على قنص حاملات الشحنة وتجميدها في مواضعها [14] خصوصاً وأن التلدين تم في الهواء وبذلك تؤثر على خواص الغشاء التركيبية .

يعتمد على طريقة الترسيب المستخدمة [12]. ونلاحظ ايضاً من نمط (XRD) للأغشية الملدنة بالليزر ظهور قمم اضافية عند عدد من الزوايا التي لا تنتمي للتركيب البلوري للمادة المستخدمة ويزداد عددها بزيادة زمن التلدين ، هذا يعني أن طاقة الليزر العالية أدت إلى تكون



شكل (2): مخطط حيود الاشعة السينية لأغشية اوكسيد الخارصين الملدنة

(a) بالفرن بدرجة حرارة (400 °C) ، (b) بالفرن بدرجة حرارة (500 °C) ، (c) بالفرن بدرجة حرارة (600 °C) ، (d) بالليزر لمدة (10 min) ، (e) بالليزر لمدة (15 min) ، (f) بالليزر لمدة (20 min)

المادة إلا أنها تبدو وكأنها عشوائية وهذا يعني أنها اكتسبت الحالة البلورية بشكل جزئي بعملية التلدين والسبب في ذلك قد يكون أن الظروف التحضيرية لم تتح الفرصة لجزء من ذرات المادة أن ترتب نفسها كما ينبغي للوصول إلى حالة ترتيب المدى الطويل لجميع اجزاء المادة .

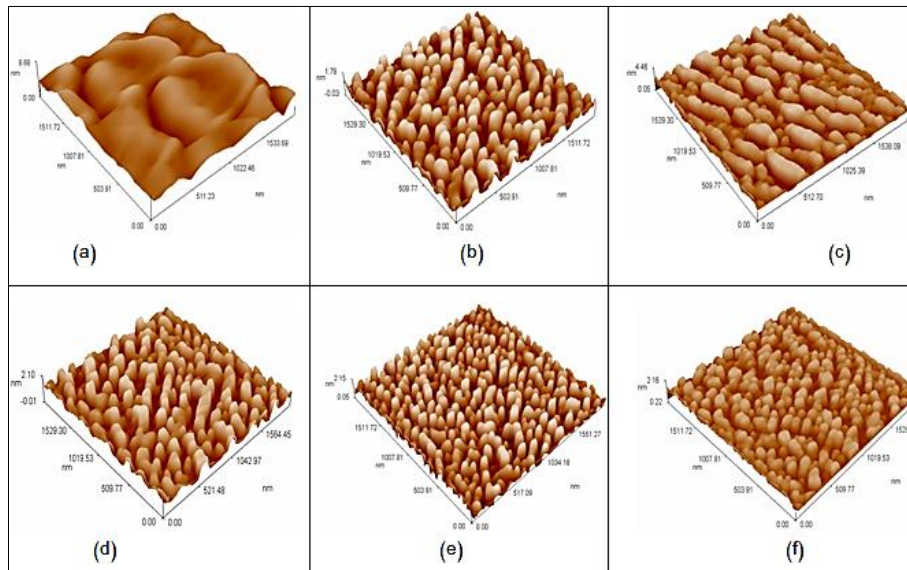
أدت زيادة درجة حرارة التلدين بالفرن إلى زيادة الحجم الحبيبي كما مبين في الجدول (1) ، كذلك فإن زيادة مدة التلدين بالليزر أدت إلى نتائج مشابهة من حيث تحسين درجة تبلور المادة وتضييق قمم الحيود وزيادة الحجم الحبيبي ، إذ أن زيادة مدة التلدين وبطاقة عالية تؤدي إلى زيادة درجة الحرارة وبالتالي زيادة الحجم الحبيبي للأغشية . ومن ملاحظة بعض الاشكال في اعلاه نجد وبالرغم من ظهور قمم حيود

جدول (1): نتائج فحوصات (XRD) لأغشية (ZnO)

التلدين بالفرن الحراري					
Temperature (°C)	2θ (deg)	hkl	d (nm)	FWHM (deg)	G (nm)
400	31.7831	100	0.28132	0.1613	51.22
	34.2096	002	0.2619	0.2135	38.93
	36.2209	101	0.24781	0.0983	85.03
	46.55	102	0.19494	0.1	86.48
500	31.65	100	0.28247	0.145	56.95
	33.95	002	0.26384	0.12	69.22
	36.2	101	0.24794	0.15	55.72
	48.05	102	0.1892	0.1	86.98
600	32.05	100	0.27904	0.16	51.66
	34.1	002	0.26272	0.12	69.23
	36.85	101	0.24372	0.075	111.65
	47.85	102	0.18994	0.075	115.88
التلدين بليزر (CO <sub>2</sub> ) المستمر					
Time (min)	2θ (deg)	hkl	d (nm)	FWHM (deg)	G (nm)
10	31.5914	100	0.28298	0.1	82.56
	34.5133	002	0.25966	0.15	55.46
	36.1868	101	0.24803	0.075	111.43
	47.0712	102	0.1929	0.2833	30.59
15	31.3354	100	0.28524	0.1625	50.77
	34.0075	002	0.26341	0.2125	39.09
	35.9183	101	0.24982	0.1125	74.23
	46.9068	102	0.19354	0.2792	31.02
20	31.4	100	0.28466	0.125	66.02
	33.9	002	0.2422	0.19	43.71
	36.8	101	0.24404	0.07	119.52
	47.4	102	0.19164	0.16	54.23

الانحرافات الناتجة في الاغشية ضمن ظروف التحضير في هذا البحث ، بينما لم تظهر هذه الانحرافات في حالة التلدين بالليزر حيث يكون شكل سطح الاغشية أكثر انتظاماً .

كما بينت نتائج فحوصات (AFM) التي تم الحصول عليها لطوبوغرافية سطح اغشية (ZnO) أن سطح هذه الاغشية ذات انتظامية بلورية وتجانس سطحي جيدين كما في الاشكال (3- (a,b,c,d,c,e,f))، وقد أدت زيادة درجة حرارة التلدين بالفرن الى تقليل



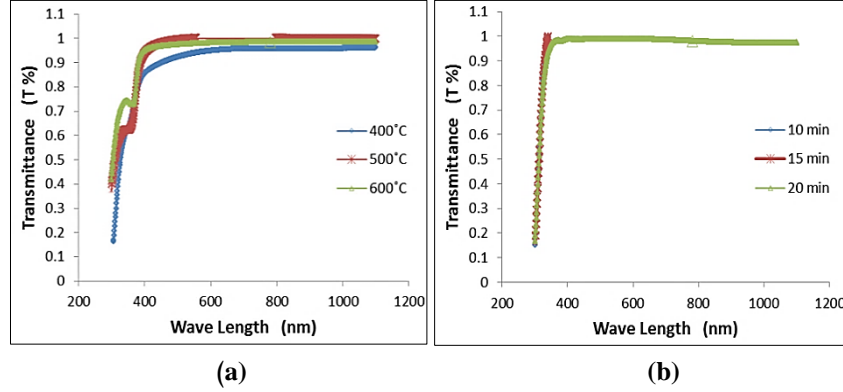
شكل (3): صورة (AFM) لأغشية اوكسيد الخارصين المدنة :

a بالفرن بدرجة حرارة (400 °C) ، (b) بالفرن بدرجة حرارة (500 °C) ، (c) بالفرن بدرجة حرارة (600 °C) ، (d) بالليزر لمدة (10 min) ، (e) بالليزر لمدة (15 min) ، (f) بالليزر لمدة (20 min)

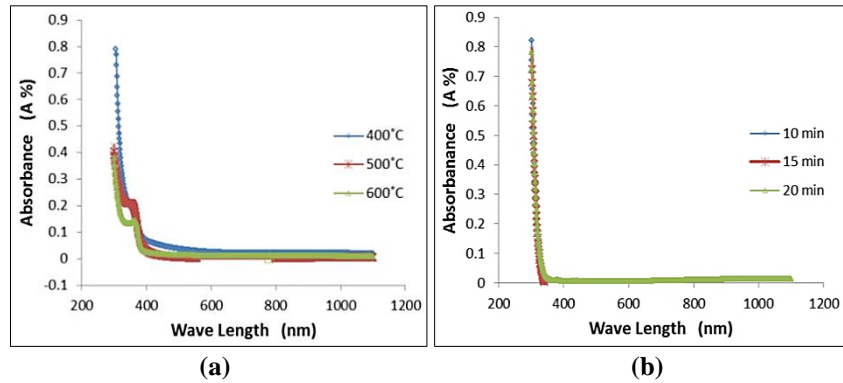
## 2- نتائج الفحوصات البصرية

المادة مما أدى الى زيادة نفاذيتها كما في الشكلين (a-4) و (b-4) ، وتظهر استجابة قوية للعديد من انواع الخلايا الشمسية اضافة الى العديد من التطبيقات نتيجة نفاذيتها العالية ، ويسلك طيف الامتصاصية سلوكاً معاكساً لطيف النفاذية كما في الشكلين (a-5) و (b-5) .

اظهرت النتائج أن النفاذية تزداد بزيادة درجة حرارة التلدين للأغشية المدنة بالفرن وهذا يتفق مع المصدر [10] حيث تصل الى معدلات عالية في المنطقتين المرئية وتحت الحمراء ، وكذلك فإن تأثير زيادة مدة التلدين بالليزر مشابه لتأثير زيادة درجة حرارة التلدين على طيف النفاذية حيث أن زيادة مدة التلدين بالليزر أدت الى تحسين تبلور



شكل (4): طيف النفاذية لأغشية (ZnO): (a) المدنة بالفرن (b) المدنة بالليزر



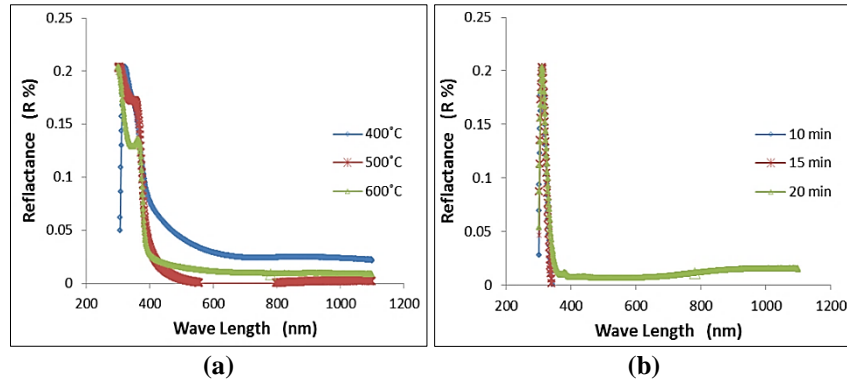
شكل (5): طيف الامتصاصية لأغشية (ZnO): (a) المدنة بالفرن (b) المدنة بالليزر

فإن الانعكاسية تكون قليلة عند الطاقات الأقل من (Eg) والقمة الظاهرة في منحنى الانعكاسية هي عند قيمة الطول الموجي التي تقابل قيمة فجوة الطاقة . ويزداد معامل الامتصاص (المحسوب من المعادلة (2) [12]) بشكل بطيء بزيادة طاقة الفوتون ثم تحدث زيادة سريعة عند حافة الامتصاص ولمدى معين من الطاقات ، وأدى التلدين بالليزر الى زيادة قيمه بشكل بسيط عنها في حالة التلدين بالفرن كما مبين في الشكلين (a-7) و (b-7) .

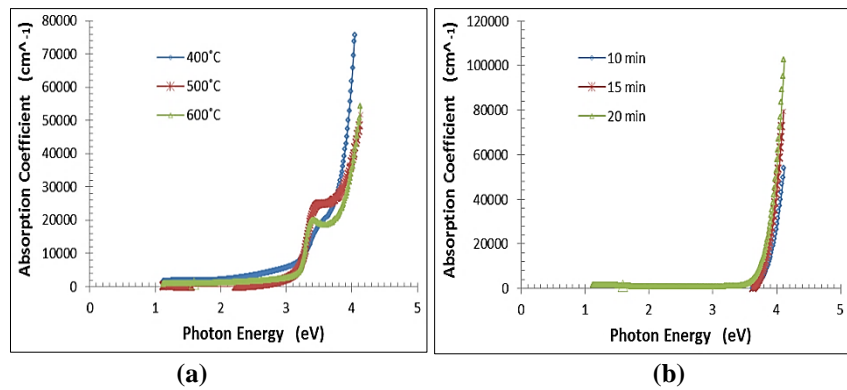
$$\alpha = 2.303 \frac{A}{t} \dots \dots \dots (2)$$

حيث (A) تمثل الامتصاصية و (t) سمك الغشاء.

ومن الشكلين (a-6) و (b-6) نجد تزايد الانعكاسية لمدى معين من الاطوال الموجية نتيجة نقصان النفاذية بعدها يبدأ المنحنى بالتناقص عند الاطوال الموجية العالية مع ملاحظة أن معدلاتها تقل بزيادة درجة حرارة التلدين ، وقد يعزى الاختلاف البسيط في شكل المنحنيات الى اختلاف طبيعة السطح ، ونجد ايضاً أن تأثير زمن التلدين مشابه لتأثير درجة الحرارة على طيف الانعكاسية مع ملاحظة أن هبوط المنحنى بزيادة الطول الموجي اسرع منه في حالة التلدين بالفرن وقد يعود ذلك الى أن الطاقة العالية لليزر أدت الى انتظام سطح الاغشية مما أدى الى تشابه سلوك المنحنى لجميع ازمدة التلدين. وبصورة عامة



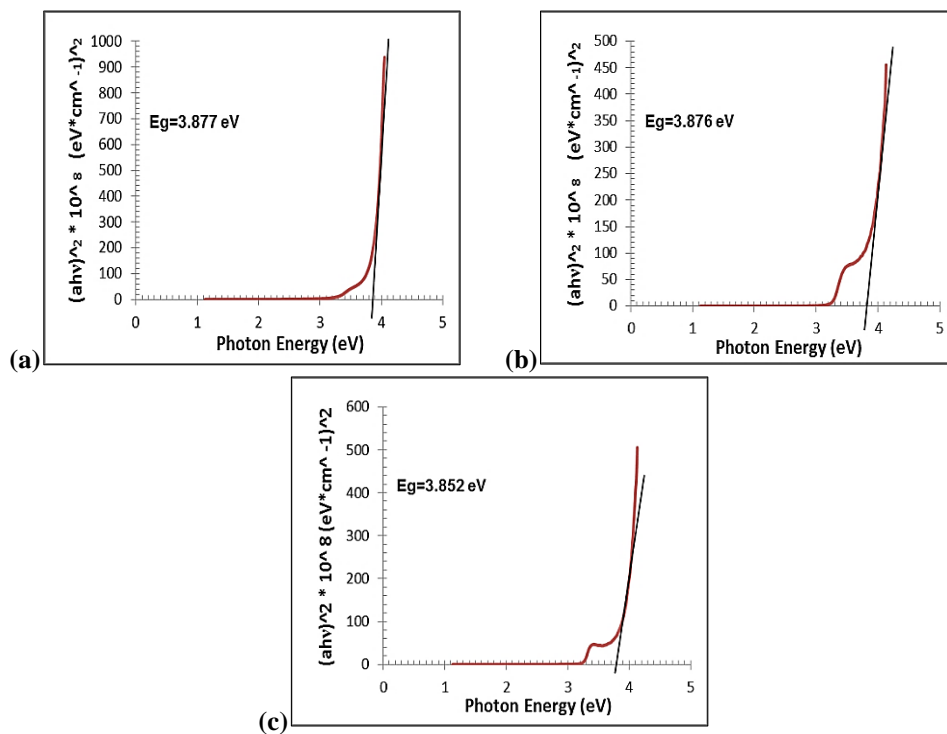
شكل (6): طيف الانعكاسية لأغشية (ZnO): (a) المدلنة بالفرن (b) المدلنة بالليزر



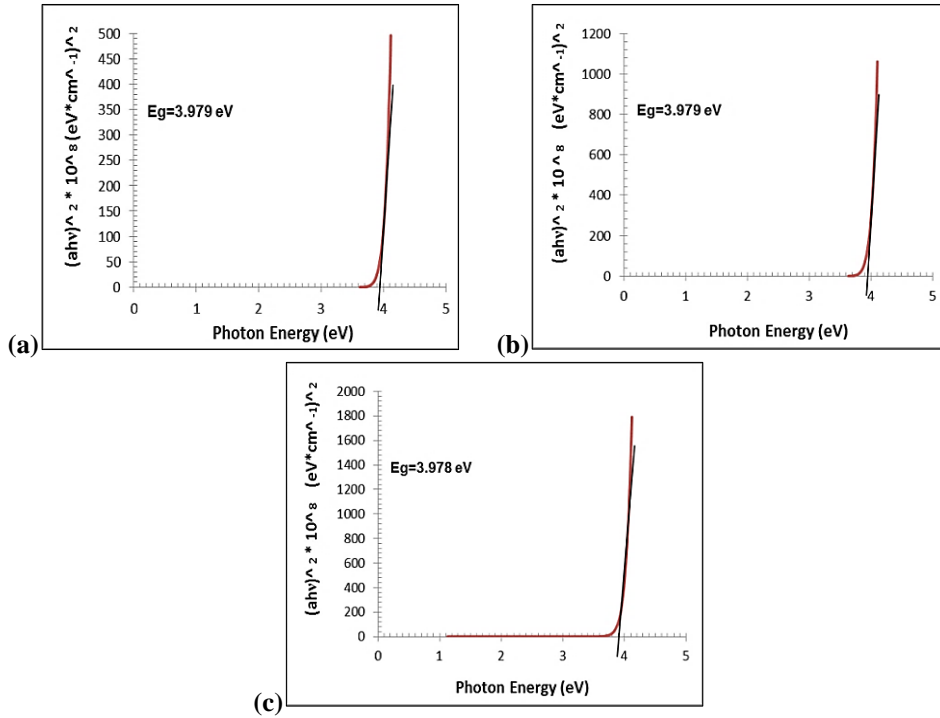
شكل (7): معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (ZnO): (a) المدلنة بالفرن (b) المدلنة بالليزر

واظهرت النتائج ان الانتقال الالكتروني من النوع المباشر المسموح وان قيمة فجوة الطاقة تقل بزيادة درجة التلدين بالفرن بشكل طفيف وتتراوح قيمها بين 3.877–3.852 eV وكذلك بزيادة مدة التلدين بالليزر وتتراوح قيمها بين 3.978–3.979 eV كما في الشكلين

واظهرت النتائج ان الانتقال الالكتروني من النوع المباشر المسموح وان قيمة فجوة الطاقة تقل بزيادة درجة التلدين بالفرن بشكل طفيف وتتراوح قيمها بين 3.877–3.852 eV وكذلك بزيادة مدة التلدين بالليزر وتتراوح قيمها بين 3.978–3.979 eV كما في الشكلين



شكل (8 - A): فجوة الطاقة المباشرة المسموحة لأغشية (ZnO) المدلنة بالفرن بدرجة (a) 400°C (b) 500°C (c) 600°C



شكل (8-B): فجوة الطاقة المباشرة المسموحة لأغشية (ZnO) المدنة بالليزر لمدة (a) 10 min (b) 15 min (c) 20 min

المعادلة (4) [16] مشابه لمنحني  $(\alpha)$  ، وتكون قيمته في حالة التلدين بالليزر أعلى منها بقليل في حالة التلدين بالفن مع ملاحظة انتظام شكل المنحنيات في حالة التلدين بالليزر .

$$k = \frac{\alpha \lambda}{4\pi} \dots \dots \dots (4)$$

حيث تمثل  $(\lambda)$  الطول الموجي . ومن الشكلين (a-11) و (b-11) نجد أن تغير ثابت العزل الحقيقي  $(\epsilon_r)$  (المحسوب من المعادلة (5) [11] مشابه لتغير  $(n)$  حيث يمكن حساب  $(\epsilon_r)$  من معامل الانكسار ، بينما يتغير ثابت العزل الخيالي (الذي تم حسابه من المعادلة (6) [11]) بشكل مشابه لتغير  $(\alpha)$  مع وجود تناقص في قيم  $(\epsilon_i)$  في نهاية المنحني عند الطاقات العالية وهذا السلوك يكون أكثر وضوحاً في حالة التلدين بالليزر مع ملاحظة أن زيادة مدة التلدين بالليزر أدت الى تزايد قيمه كما في الشكلين (a-12) و (b-12) .

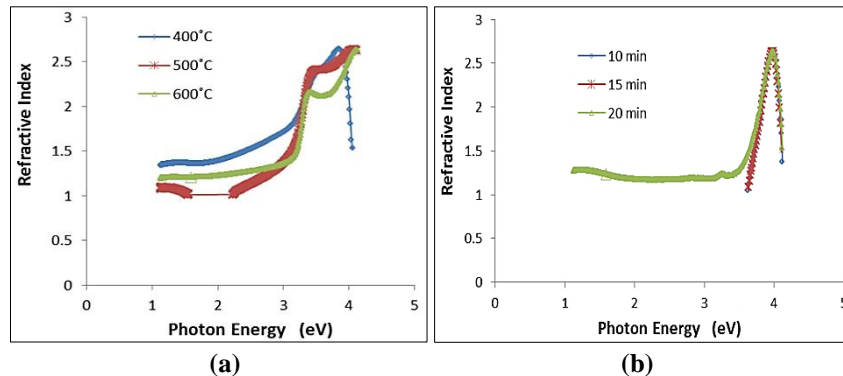
$$\epsilon_r = n^2 - k^2 \dots \dots \dots (5)$$

$$\epsilon_i = 2nk \dots \dots \dots (6)$$

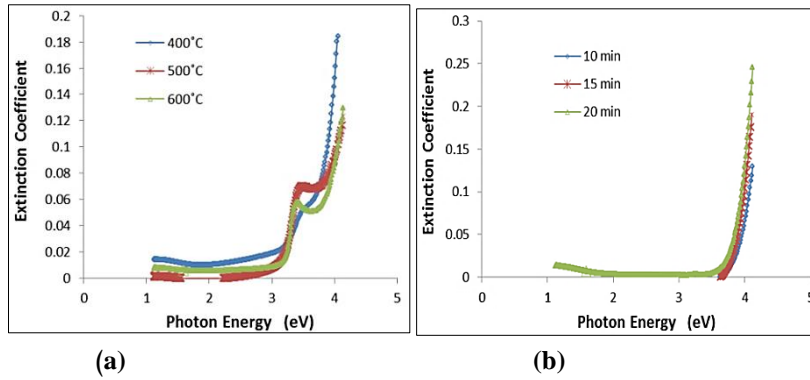
كذلك بينت النتائج وكما موضح في الشكلين (a-9) و (b-9) أن تغير معامل الانكسار (الذي تم حسابه من المعادلة (3) [15]) مشابه لتغير  $(R)$  حيث تكون قيمته قليلة عند الطاقات القليلة (الاطوال الموجية العالية) ثم ترتفع لتبلغ أعلى قيمة لها عندما تصل الطاقة الى قيمة مساوية لـ  $(E_g)$  وينخفض بعدها ولجميع درجات حرارة التلدين مع ملاحظة ظهور تعرجات في المنحنيات تعزى الى اختلاف طبيعة سطوح الاغشية ، ونجد أن التلدين بالليزر يؤدي الى نفس النتائج مع ملاحظة اختفاء تعرجات المنحني تقريباً وقد يعزى ذلك الى أن طاقة الليزر العالية أدت الى زيادة نعومة وانتظام سطوح الاغشية ، مع ملاحظة أن قيمه نقل بشكل بسيط في حالتها زيادة درجة الحرارة ومدة التلدين .

$$n = \left( \frac{1+R}{1-R} \right) + \sqrt{\left( \frac{1+R}{1-R} \right)^2 - (k^2 + 1)} \dots \dots \dots (3)$$

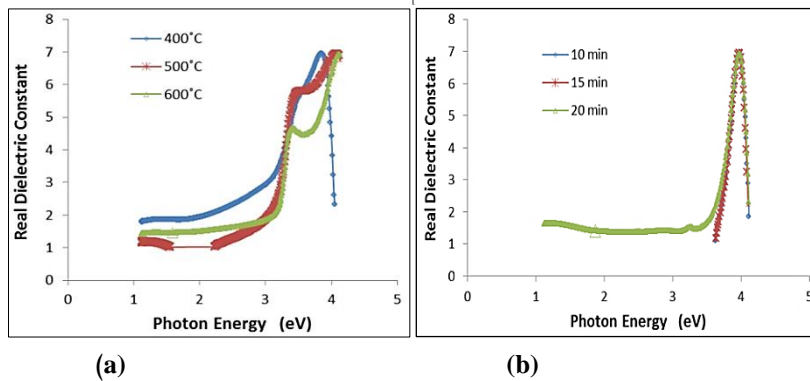
حيث تمثل  $(R)$  الانعكاسية و  $(K)$  معامل الخمود . ومن الشكلين (a-10) و (b-10) نجد أن منحنى معامل الخمود (المحسوب من



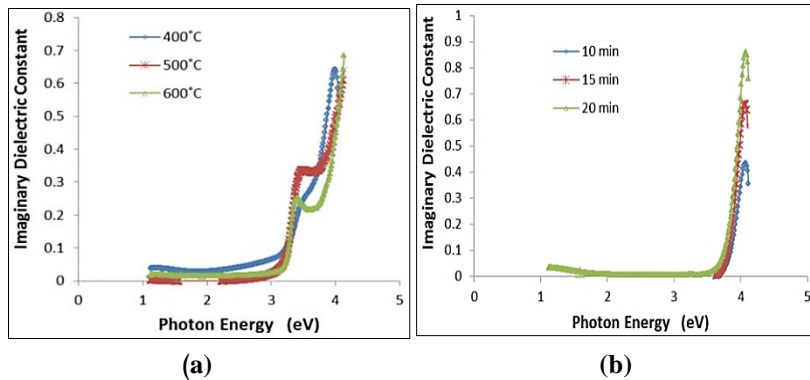
شكل (9): معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (ZnO): (a) المدنة بالفن (b) المدنة بالليزر



شكل (10): معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (ZnO): (a) المملدة بالفرن (b) المملدة بالليزر



شكل (11): ثابت العزل الحقيقي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (ZnO): (a) المملدة بالفرن (b) المملدة بالليزر



شكل (12): ثابت العزل الخيالي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (ZnO): (a) المملدة بالفرن (b) المملدة بالليزر

متعدد التبلور من النوع السداسي المتراس وأن زيادة درجة حرارة التلدين بالفرن وكذلك مدة التلدين بالليزر تؤدي الى تحسين درجة التبلور وزيادة الحجم الحبيبي للأغشية . كما تبين أن تجانس سطوح الاغشية يتزايد مع زيادة درجة حرارة التلدين وكذلك مع زيادة مدة التلدين بالليزر .

3- أظهرت نتائج الفحوصات البصرية أن هذه الاغشية ذات انتقالات الكترونية مباشرة حيث تمتلك هذه الاغشية فجوات طاقة مباشرة مسموحة فقط ضمن ظروف التحضير المعمول بها في هذا البحث ، وتقل قيم فجوة الطاقة بزيادة درجة حرارة التلدين بالفرن وكذلك بزيادة مدة التلدين بالليزر مما يقلل من العيوب التركيبية للأغشية ويزيد من نفاذيتها .

وبصورة عامة ومن ملاحظة الاشكال التي تمثل المعلمات البصرية لأغشية (ZnO) المملدة بالفرن نجد اختلاف بسيط في شكل منحنيات التلدين بالفرن نتيجةً للانحراف البسيط الذي بينته نتائج (AFM) ، بينما التلدين بالليزر يظهر تجانس وانتظام اشكال المنحنيات .

#### الاستنتاجات

من خلال الفحوصات والقياسات التي تم اجراؤها في هذا البحث يمكن استنتاج ما يأتي :

1- امكانية استخدام ليزر (CO<sub>2</sub>) المستمر في التلدين والحصول على نتائج مشابهة تقريباً لحالة التلدين بالفرن الحراري ضمن ظروف التحضير في هذا البحث وبمدة زمنية قليلة نسبياً.

2- بينت نتائج الفحوصات التركيبية أن اغشية (ZnO) ذات تركيب



#### المصادر

- films by Sol-gel technique", journal of Basrah researches (Sciences), Vol.40, No.1A, (2014) .
- [10] Nada M. Saeed, "The effect of the annealing on the optical properties of zinc oxide thin films prepared by chemical spray pyrolysis technique", Al-Mustansiriya J. Sci, Vol.20, No.5, (2009) .
- [11] ردينه صديق الدليمي، "دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية  $Ni_{(1-x)}Zn_xO$  المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري"، رسالة ماجستير، جامعة ديالى، (2013).
- [12] مازن حامد حسن الفيضي، "دراسة الخواص البصرية والتركيبية لأغشية أكسيد النحاس المشوب بالأنديوم"، رسالة ماجستير، كلية التربية-الجامعة المستنصرية، (2005) .
- [13] ماجد حميد حسوني، "دراسة الخواص البصرية والكهربائية لأغشية أكسيد النحاس المشوب بأوكسيد الفضة والمحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي الحراري"، رسالة ماجستير، كلية التربية-الجامعة المستنصرية، (2003).
- [14] محمد عبدالله احمد، "تأثير التطعيم ومعالج الترسيب على الخواص الفيزيائية لأغشية أكسيد النيكل المحضرة بطريقة الطلاء الدوراني"، رسالة ماجستير، كلية التربية-جامعة تكريت، (2013) .
- [15] مرفت كاظم ارحيمة، "الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية  $(CZO) ZnO:Co$  المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري"، رسالة ماجستير، كلية العلوم للبنات-جامعة بغداد، (2010).
- [16] زهير ناجي مجيد، "دراسة تأثير التشويب بالنحاس على الخواص البصرية لأغشية كبريتيد الكاديوم"، رسالة ماجستير، كلية التربية-جامعة تكريت، (2007) .
- [1] J. Dutta Majumdar and I. Manna, "Laser processing of materials", Sadhana, Vol.28, parts 3&4, India, (2003).
- [2] مسلم فاضل وهبة سلام، "دراسة الخصائص البصرية لأغشية أكسيد النحاس المحضرة بطريقة الترسيب بواسطة الليزر"، مجلة جامعة النهرين، المجلد12، العدد4، (2009) .
- [3] Breck Hitz, J.J. Ewing and Jeff Hecht, "Introduction to laser technology", third edition, IEEE press, America, (2001) .
- [4] Clara Goyes, Maurizio Ferrari, Cristina Armellini, Alessandro Chiasera, Yoann Jestin, Giancarlo C. Righini, Faruk Fonthal and Efrain Solarte, "CO<sub>2</sub> laser annealing on erbium-activated glass-ceramic waveguides for photonics", optical materials31, published by Elsevier B.V., (2009) .
- [5] Anthony J. DeMaria, Thomas V. Hennessey and Jr., "The CO<sub>2</sub> laser: the workhorse of the laser material processing industry", SPIE professional magazine, (2010) .
- [6] Ian W. Boyd, "Laser processing of thin films and microstructures oxidation, deposition and etching of insulators", edited by Aram Mooradian, Springer sense in materials science, (1987) .
- [7] زهراء بديع ابراهيم، عبدالخالق ايوب سليمان وورنا زياد عبدالفتاح، "دراسة الخواص البصرية لأكسيد الزنك ZnO والمحضر بطريقة Sol-gel ودراسة تأثير كل من التلدين والتطعيم على الخواص البصرية"، مجلة علوم المستنصرية، المجلد23، العدد2، (2012) .
- [8] F. A. Kasim, "Synthesis, structural and optical properties of nanostructured ZnO thin films prepared by Sol – Gel Process", journal of Basrah researches (sciences), Vol.36, No.2, (2010).
- [9] Mohammad M. Ali and Seif M. Meshari, "Structural and optical characterization of ZnO thin

## Effect of annealing by CO<sub>2</sub> laser on Structural and optical properties of zinc oxide thin films prepared by Sol – gel method

Awatif Saber Jasim<sup>1</sup>, Khalil Ibrahim Mohammed<sup>2</sup>, Sahar Naji Rashid<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Physics , College of Science , Tikrit University , Tikrit , Iraq

<sup>2</sup> Department of Physics , College of Science , Kirkuk University , Kirkuk , Iraq

### Abstract

Laser heat treatment is one of the important industrial applications of laser and being studied at the present time as a substitute for conventional thermal annealing. In this research (ZnO) thin films have been deposition on a glass by (Sol - Gel / Spin Coating) technique and annealed by two ways, the first one using a convection oven, where they were annealing with three temperatures (400, 500, 600) °C for one hour, and the second way using a continuous (CO<sub>2</sub>) laser with (10.6 μm) wavelength and (10 W) power and three intervals (10, 15, 20) min, were studied structural and optical properties of membranes prepared by both ways to determine the effect of laser annealing on them, and the results of (XRD) tests showed that these membranes with the structural of multi-crystalline hexagon compact type and increase the degree of temperature oven annealing, as well as increasing the duration of the laser annealing lead to increased volumes of granular membranes rates. The results of the (AFM) tests to the topography of the surfaces of the membranes to be of crystalline uniformity and homogeneity superficially good, especially for laser annealed membranes. The results of optical examinations of these membranes also showed that they having high permeability, especially in the regions of the visible spectrum and the near-infrared and increased with increase the degree of oven annealing temperature and the duration of laser annealing, and less energy gap of these membranes values with increase the temperature degree of annealing or increase of laser annealing time, In addition the optical properties studied in this research included absorbance, reflectivity, refractive index, coefficients of absorption and extinction, and real and imaginary dielectric constants.